Adérito Luis Martins Araujo

LE PROGRAMME MEF

RAPPORT DE STAGE

Montpellier, 1990

INTRODUCTION

MEF est un programme developpé par le *Laboratoire de Calcul des Structures* de l' *Universite de Tecnologie de Compiegne,* en Janvier 1983.

Il est écrit en langage FORTRAN, de manière assez standard, et peut être utilisé dans différents domaines d'application de la méthode des éléments finis. Le programme a été conçu pour être utiliser sur des ordinateurs de grande ou moyenne capacité.

La version existant au C.N.U.S.C. n'est pas transportable sur P.C. parce que

- elle nécessite une place mémoire trop importante et fait appel à plusieurs routines G.K.S.;
- elle est implantée au C.N.U.S.C. sous licence et par conséquent ne peut pas être copieée.

Par ailleurs, il s'agit d'un code ancien (83) et des programmes plus récents existent sur le marché.

Il y a une version réduite du code MEF - BBMEF - adapté à la résolution de l'équation de Poisson :

$$d\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right) + f_v = \emptyset$$

Cette version n'utilise que des éléments triangulaires à 3 noeuds et 1 degré de liberté par noeud. Elle peut cependant être utilisé pour d'autres problèmes après modifications de quelques paramètres.

Je n'ai pas orienté mon travail dans ce sens, à cause de la limitation de son utilisation. J'ai donc choisi de travailler sur MEF qui, nonobstant sa non transponibilité, peut être utilisé par les interessés, à l'U.S.T.L., sur la ligne C.N.U.S.C..

Mon stage peut être divisé en 5 étapes

1-<u>Recherche bibliographique</u>

2-<u>Etude des possibilites du MEF</u>

3-<u>Amélioration de l'aspect graphique du post-processeur</u>

4-<u>Développement d'un programme de démonstration</u>

5-<u>Mise au point de menus de travail</u>

II RECHERCHES BIBLIOGRAPHIQUES

1.1 Note Historique

L'idée de chercher une approximation de la solution d'un problème aux limites, sous forme d'une combinaision de fonctions linéairement independantes, est très ancienne, et à l'origine on trouve les noms de RITZ (1911) et GALERKIN (1915).

Plus tard, COURANT a travaillé sur les mêmes problèmes et, en 1943 il a conçu la méthode des éléments finis. L'impact de sa contribution a été presque nul à son époque.

En attendant, les ingénieurs, à la suite de recherches dans les domaines de la mécanique des structures et de l'aéronautique, ont ré-inventé la méthode. Les premières références dans leur littérature appartiennent à ARGYRIS (1960), et TURNER, CLOUGH, MARTIN et TOPP (1956). Ces 4 auteurs dans l'article "*Stiffness and Deflection Analysis of Complex Structures*", JOURNAL OF AERONAUTIC SCIENCE, VOL 23 ,pp 805-823, introduisent le concept d'élément fini: ils représentent un milieu continu élastique à deux dimensions par une assemblage de panneaux triangulaires sur lesquels les déplacements sont supposés varier linéairement.

Le comportement de chaque panneau est caractérisé par une matrice de rigidité élémentaire. A partir de ces matrices, on peut construire un système d'équations algébriques, en utilisant des conditions de continuité des déplacements et d'équilibre des forces aux points de jonction des éléments.

La solution, c'est-à-dire, les déplacements en tout point du milieu continu, est obtenue par la résolution du système linéaire.

Des contributions marquantes pour le développement de la méthode on été données par ODEN (1972) et ZIENKIEWICZ (1973).

C'est seulement à partir des années 60 que les mathématiciens ont montré l'interet de "leur" méthode, notamment par les travaux du notable mathématicien russe MIKHLIN (1966,1971).

Malgré l'absence d'échanges entre ces deux factions, il est intéressant de remarquer que la méthode d'approximation développée par les mathématiciens a suivi une voie convergente avec la m.e.f. des ingénieurs. On peut citer, par exemple, les travaux de CEA (1964), de VARGA (1966), entre autres. Cette convergence est nettement apparue dans l'article de ZLAMAL publié en 1968.

Une base mathématique solide de la m.e.f. a été construite à partir de l'analyse fonctionnelle par AZIZ (1972) et WHITEMAN (1973).

1.2 Generalités sur la Méthode des Eléments Finis

Tous les systèmes physiques peuvent se caractériser par un ensemble de variables qui, en géneral, dépendent des coordonnées d'espace et du temps.

Les systèmes possédent des variables d connues à priori: propriétés physiques, dimensions du système , conditions aux limites, etc. D'autres variables u sont inconnues: déplacements, vitesse, température, contraintes, etc.

Les relations entre u et d, obtenues à partir des lois physiques, définissent un système d'equations en u. Le nombre de paramètres nécessaires pour définir u à un instant t donné s'appelle nombre de degrés de liberté (n.d.l.) du système.

Si le système posséde un n.d.l. fini (système discret) il est représenté par un système d'équations algébriques, sinon (système continu), par un système d'equations aux dérivées partielles ou intégro-différentielles associé à des conditions aux limites en espace et en temps.

Résoudre le dernier cas directement est, en géneral, impossible ou très difficile. Ainsi, il faut d'abord discrétiser ces équations.

La m.e.f. est l'une des méthodes qui peuvent être utilisées pour faire cette discrétisation. Il s'agit d'une méthode très générale qui s'applique à la majorité des problèmes rencontrés dans la pratique: stationnaires ou non stationnaires, linéaires ou non linéaires, à une ou plusieurs dimensions, définis dans un domaine géométrique quelconque.

Il y a beaucoup de façons d'aborder cette méthode. J'ai préferé celle qui m'a paru la plus rigoureuse et qui la presente dans le contexte des approximations variationelles.

Parmi les ouvrages en réference, je voudrais conseiller (4) et (1). Tous les deux abordent le sujet de façon claire. avec une base mathématique sérieuse. La première est plus récente et a l'avantage d'être écrite en français. La deuxième existe à la bibliothèque centrale de l'U.S.T.L. sous le code 519.63 CIA.

Les références (5), (6) et (7) sont signalées car elles sont des classiques en la matière.

Le livre de DHATT et TOUZOT (2) est utile pour la mise en oeuvre pratique de la méthode. Il est aussi la base du programme MEF existant au C.N.U.S.C..

1.3 References

Elements Finis

(1) CIARLET *The Finite Element Method for Elliptic Problems,* NORTH HOLLAND, 78

(2) DHATT - TOUZOT *Une Présentation de la Méthode des Eléments Finis,* MALOINE, 81

(3) MITCHELL - GRIFFITHS *The Finite Difference Method in Partial Differential Equations,* JOHN WILEY & SONS, 80

(4) RAVIART - THOMAS *Introduction à l'Analyse Numérique des Equations aux Dérivées Partielles,* MASSON, 83

(5) STRANG - FIX *An Analysis of the Finite Element Method,* PRENTICE - HALL, 73

(6) WAIT - MITCHEL *Finite Element Analysis and Applications,* JOHN WILEY & SONS, 85

(7) ZIENKIEWICZ *The Finite Element Method in Engineering Science,* MAC - GRAW HILL, 77

G.K.S.

(8) HOPGOOD - DUCE - GALLOP - SUTCLIFFE *Introduction to the Graphical Kernel System (G.K.S.),* ACADEMIC PRESS, 86

II POSSIBILITES DU PROGRAMME MEF

Le programme implanté au C.N.U.S.C. est divisé en, grosso modo, 3 composants

1. PRE-PROCESSEUR

2. PROGRAMME DE CALCUL (MEF)

3. POST-PROCESSEUR

2.1 Le Pré-Processeur

Cette partie du programme est un très bon "auxiliaire de maillage". Son usage n'est pas obligatoire, mais il est très utile dans le cas où l'on veut une maille étroite, ou si la superficie à mailler est tri-dimensionelle.

Le pré-processeur va construire 3 fichiers: MEF NOEUD, MEF ELEM (avec la commande SAUVE MAIL 7 8) et MEF BASE (avec la commande SAUVE BASE 44). Les deux premiers vont être exploités par le programme de calcul et par le post-processeur.

Il existe une documentation en ligne qui peut être consultée en tapant la commande AIDE. Le manuel d'utilisation existant est suffisamment explicite pour résoudre la majorité des problèmes. Un bon exercice est d'essayer de comprendre tout se qui est fait dans l'exemple annexè dans la brochure de réference

Je n'ai pas modifié le pré-processeur car il me semble dejà assez convivial et performant.

2.2 Le Programme de Calcul

Avec le programme MEF on peut traiter une gamme de problèmes très variés. Il inclue les possibilités suivantes:

- problèmes à une, deux ou trois dimensions;

- nombre de degrés de liberté differents pour chaque noeud;

- une libairie d'éléments assez grande (douze) et facile à enrichir;

- matrices élémentaires et globales symétriques ou non symétriques;

- problèmes linéaires ou non linéaires;

- problèmes stationnaires ou non stationnaires;

- problèmes aux valeurs propres.

La meilleure façon de procéder est de construire un fichier pour l'entrée de données. Ce fichier doit s'appeler MEF DONNE (sinon des modifications sont nécessaires dans le fichier MEFCAL EXEC).

La lecture du manuel d'utilisation est indispensable pour se familiariser avec la construction de ce fichier; je pense que, pour une bonne compréhension, cette lecture doit être accompagnée par l'examen d'un des fichiers de données existants.

Les fichiers MEF NOEUD et MEF ELEM vont être utilisés dans les blocs COOR et ELEM, respectivement.

Le programme de calcul, lui aussi va génerer plusieurs fichiers différents selon le problème en question:

1- MEF ELEM et MEF NOEUD
Dans le cas où l'utilisateur n'a pas travaillé avec le pré-processeur.

2- MEF RESUL
Fichier complet des résultats.

3- MEF DEFO (référencé avec le n° 9)
MEF EFFO (référencé avec le n° 12)
MEF CNTR (référencé avec le n° 13)

La lecture de la deuxième partie du manuel - types d'éléments - est ici indispensable. On pourra constater que, selon l'élément choisi on va génerer des fichiers différents. Les noms ont été choisis avec le souci de faciliter l'identification de leur contenu. Ainsi, il faut être soigneux quand on demande leur géneration dans les blocs LIND, LIMN, ...

Je n'ai pas modifié non plus cette partie du programme, sauf le nom d'une subroutine. Etrangement, il y avait deux subroutines avec le nom ELEM01. J'ai changé la dernière par ELEM10. La même modification a été effectuée dans le manuel d'utilisation.

2.3 Post-Processeur

Le post-processeur permet la visualisation graphique des résultats obtenus par les programmes précédents. Pour l'entrée de données on peut utiliser le clavier ou les fichiers POST PREP, POST DEFO, POST ISOV,....

La première chose a faire, chaque fois qu'on utilise le programme, est d'exécuter le bloc PREP. On peut utiliser ce bloc plusieurs fois pendant la même section.

Le manuel d'utilisation, encore ici, doit être lu et suivi par la consultation des fichiers de données du programme demonstration - fichiers POST_EL * et POST_TC *. Il faut faire attention, dans la création d'un nouveau fichier POST PREP: on ne doit pas donner le type du terminal comme dans les fichiers du même type du programme démonstration. Le post - processeur demande ce numéro avant l'exécution du bloc PREP.

III MODIFICATIONS DANS LE POST - PROCESSEUR

Les modifications ont été effectuées avec quelques buts:

1) Améliorer la rapidité d'affichage du graphisme a l'écran;

2) Permettre la superposition d'images dans certain cas. Par exemple, pour voir la déformée sur le contour original;

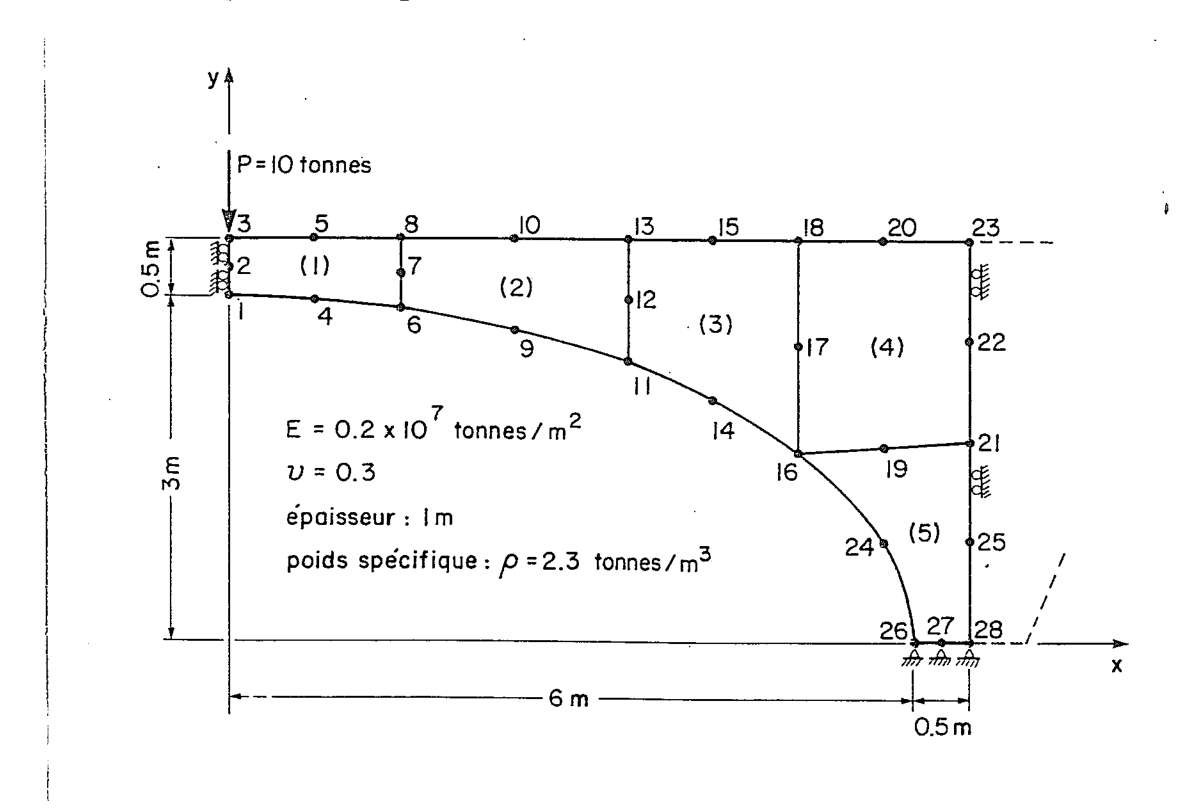
3) Améliorer la saisie d'un problème en offrant la possibilité d'utiliser des fichiers pour entrer les données.

IV LE PROGRAMME DEMONSTRATION

Ce programme permet la visualisation des resultats obtenus dans deux problèmes, proposés par DHATT et TOUZOT (2).

1. Elasticité Plane

Le but est de connaitre la répartition des contraines et déplacements dans une arche elliptique de pont en béton définie par la figure suivante:

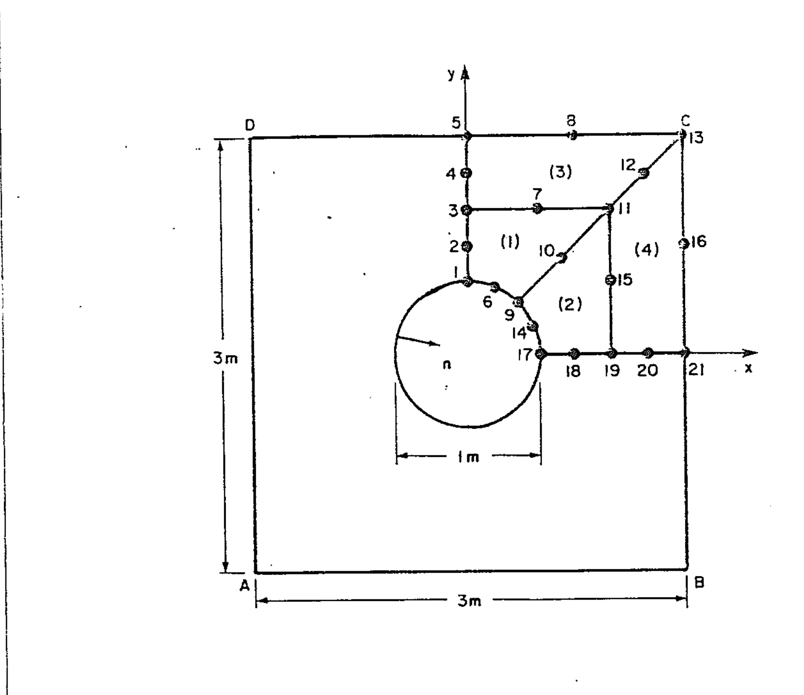


Les sollicitations sont constituées par une force concentrée de 10 tonnes. On a utilisé des éléments isoparamétriques à 8 noeuds du type 6 (voir manuel d'utilisation).

Les fichiers de données ont les noms MEF_EL * et POST_EL *.

2. Transfert de Chaleur

C'est un problème de transfert de chaleur dans la plaque:



Pour un matériau isotrope, de conductivité thermique

$$d = d_x = d_y = 1{,}4 \text{ w/m-°C (béton)},$$

la répartition de la température u à l'équilibre dans la plaque est définie par l'équation de Laplace

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0.$$

Les conditions imposées aux limites sont

- $u = 0$ sur AD et BC (température imposée);
- $\partial u/\partial n = \partial u/\partial y = 0$ sur AB et CD (isolation);
- $d.\partial u/\partial n = 1$ sur le cercle intérieur (flux de chaleur imposé).

A cause des symétries, l'étude n'a été faite que pour un quart de la plaque. Le domaine à été representé par quatre éléments isoparamétriques du type 1Ø (voir manuel d'utilisation). Les conditions aux limites dans le cercle intérieur ont été données sous forme de sollicitations concentrées d'amplitude:

$\pi/24$ aux noeuds 1 et 17;

$\pi/12$ au noeud 9;

$\pi/6$ aux noeuds 6 et 14.

Les fichiers de données ont les noms MEF_TC * et POST_TC *.

Les fichiers de données ne doivent pas, évidemment, être effacés. Il y a une copie de ces fichiers sur les noms MEF_EL1 DATA et MEF_TC1 DATA.

V LES MENUS DE TRAVAIL

En tapant MEF <PF4>, l'utilisateur acçède a une interface constituée par 3 menus de travail.

MENU I

Ici on a les options suivantes

1- Consultez l'Aide;

2- Lancer le programme Démonstration;

3- Lancer le Pré-Processeur;

4- Lancer le MEF;

5- Lancer le Post-Processeur;

6- Accéder au menu Utilitaires;

7- Sortir de l'interface.

Il est nécessaire de commenter uniquement l'option 6 car les autres sont évidentes ou déjà présentées:
Si l'utlisateur choisit l'option Utilitaires il accède au

MENU II

De nouveau on a plusieurs options

1- Créer un fichier de données;

2- Garder les fichiers de travail;

3- Chercher des fichiers pour la zone de travail;

4- Voir les fichiers existants;

5- Retour au menu précédent.

Je vais préciser ici la fonction de chaque option:

OPTION 1

Cherche le fichier MEF DONNE. S'il existe, à l'écran est alors affichè la phrase :

"Zone de travail occupée".

Sinon, est automatiquement crée un nouveau fichier MEF DONNE.

OPTION 2

Cherche le fichier MEF DONNE. S'il n'existe pas, la phrase

"Il n'y a pas de fichiers à garder"

est affichée a l'écran. Dans le cas où il existe, l'utilisateur doit donner un nom au type de problème qu'il étudie - (variable TY) - avec un maximum de 2 caractères.

Il y a des types pré-definis: problème d'élasticité - EL; problème de transfert de chaleur - TC; problème de valeurs propres - VP. En suite est faite la conversion

```
MEF BASE  .............. MEF_TYn BASE
MEF NOEUD .............. MEF_TYn NOEUD
MEF ELEM  .............. MEF_TYn ELEM
MEF DONNE .............. MEF_TYn DATA
MEF RESUL .............. MEF_TYn RESUL
MEF DEFO  .............. MEF_TYn DEFO
MEF EFFO  .............. MEF_TYn EFFO
MEF CNTR  .............. MEF_TYn CNTR
```

Le numéro n est le premier naturel libre, i.e., le plus petit naturel qui n'appartient à aucun fichier MEF_TYn.

OPTION 3

Teste l'existence du fichier MEF DONNE. S'il le trouve repond par :

"Zone de travail occupée".

Sinon liste à l'écran (à l'aide de la commande LISTFILE) tous les fichiers MEF* DATA. L'utilisateur doit alors donner le nom du fichier de données sur lequel il veut travailler - MEF_TYn - et la conversion est faite de façon inverse par rapport à la dernière option.

OPTION 4

Avec cette option l'utilisateur accède au

MENU III

Ici on peut

1- Voir ler fichiers MEF* * *;

2- Voir les fichiers PRE* * *;

3- Voir les fichiers POST* * *;

4- Voir tout les fichiers du mini disque A;

5- Retour au menu précédent.

Les fichiers sont listés a l'écran avec la commande FILELIST, ce qui permet à l'utilisateur de les éditer, imprimer, copier, effacer, etc...

CONCLUSION

Je voudrais, avant de terminer faire quelques remarques relatives à l'état actuel du programme.

1) Le post-processeur offre des options qu'il ne m'a pas été possible de faire fonctionner. Pour cette raison elles ne figurent pas dans le programme démonstration. Le plus regrettable est que le tracé des isovaleurs est une de ces options! Je pense que le problème pourrait être résolu facilement par quelqu'un qui connait la norme G.K.S. un peu mieux que moi.

2) Le programme démonstration a été fait pour marcher sur les terminaux du type 3179 (IBM 3179, IBM 3279). Si un autre terminal doit être utilisé, il faut modifier la première ligne des fichiers POST_EL PREP et POST_TC PREP.

3) Les trois parties du programme utilisent uniquement les fichiers suivants:

```
EXEC
     PREMEF EXEC
     MEFCAL EXEC
     POST   EXEC
FORTRAN
     PREMEF3  FORTRAN
     MEF4     FORTRAN
     POSTMEF2 FORTRAN
     BIDON    FORTRAN
     BIDON1   FORTRAN
     DEBUT    FORTRAN
```

Le programme démonstration a besoin des fichiers:

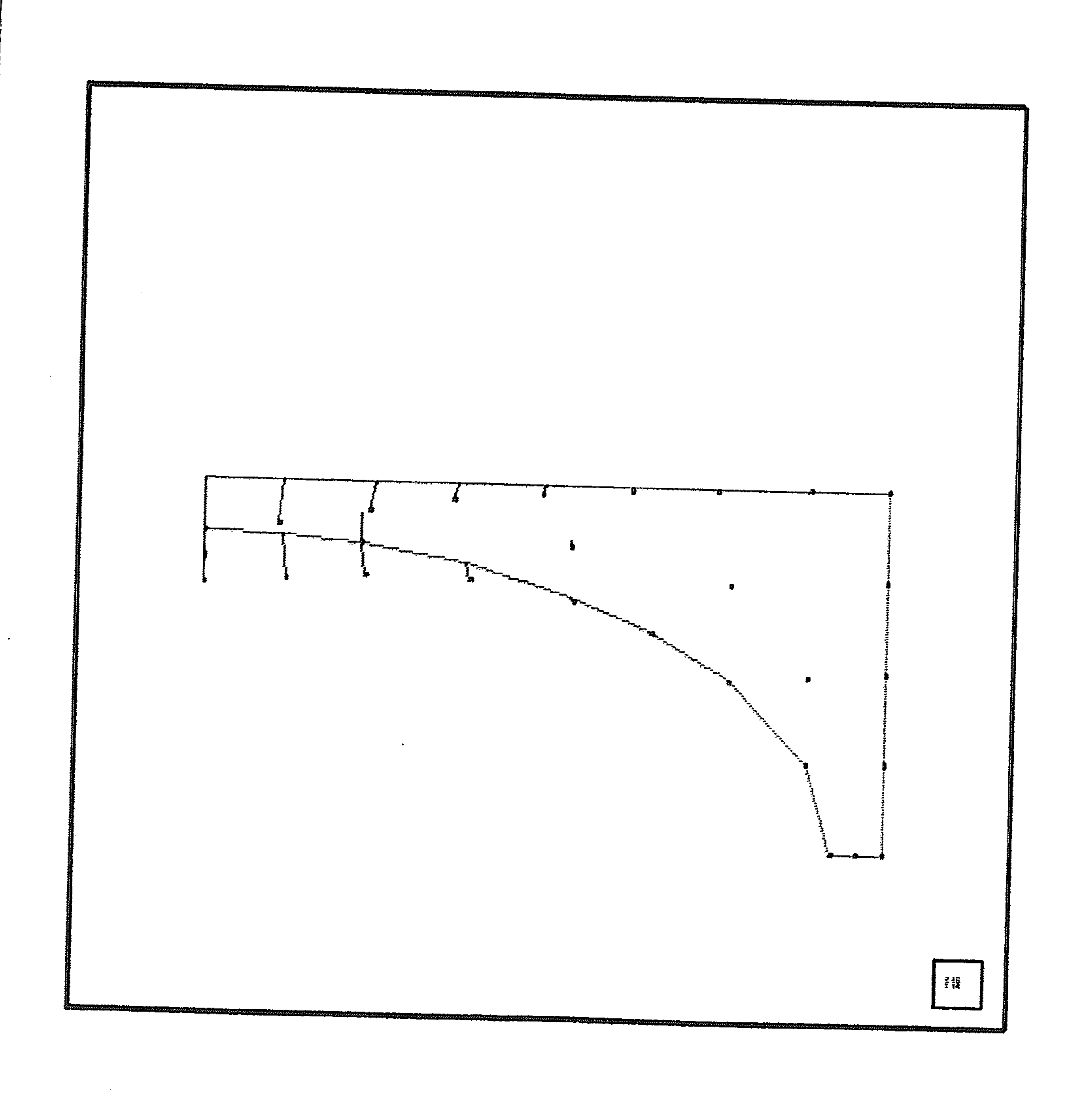
```
EXEC
     DEMO    EXEC
FORTRAN
     DEMO FORTRAN
DONNEES
     Les fichiers MEF_EL *, POST_EL *, MEF_TC * et
     POST_TC *
```

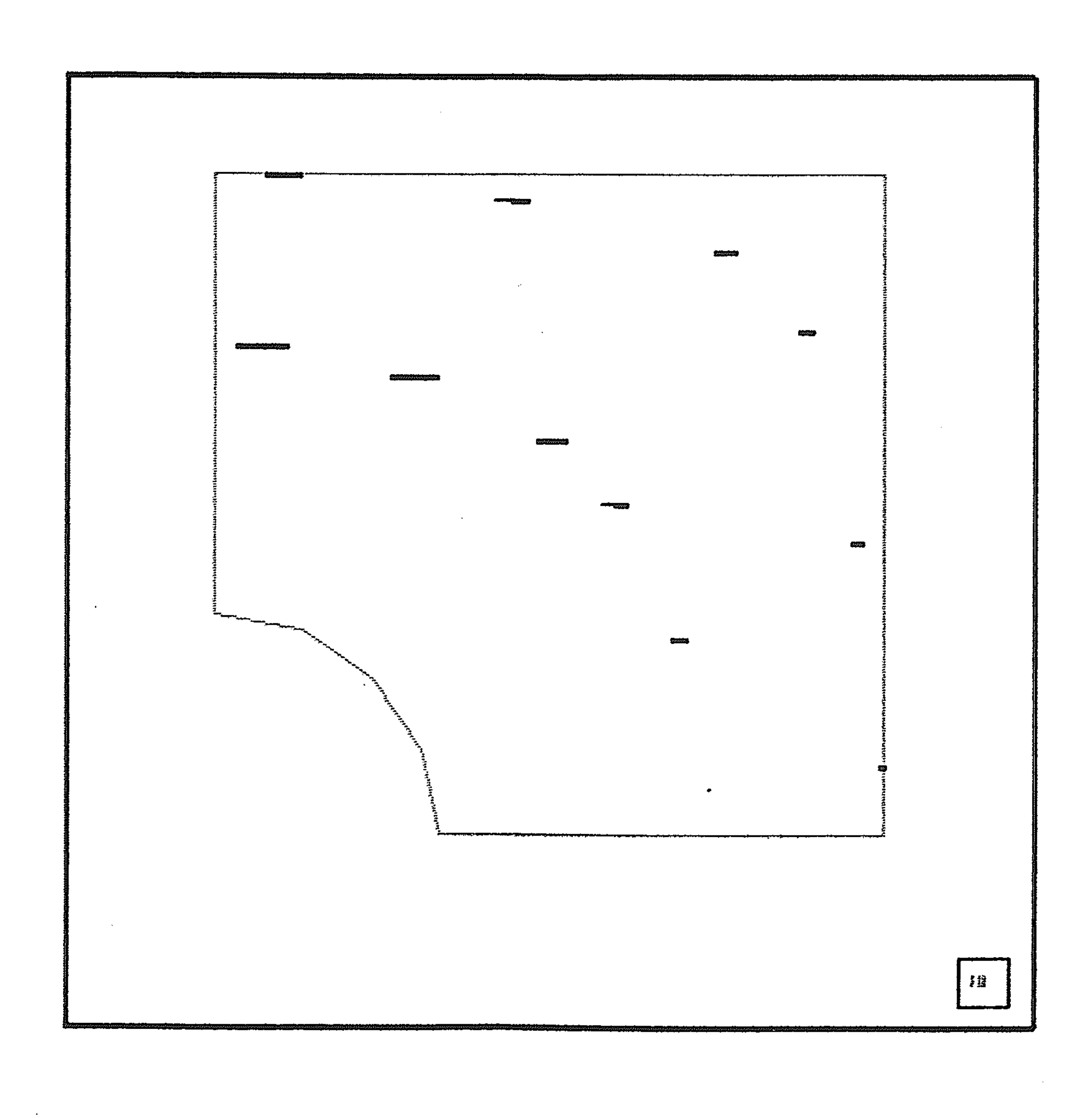
Les menus de travail utilisent les fichiers

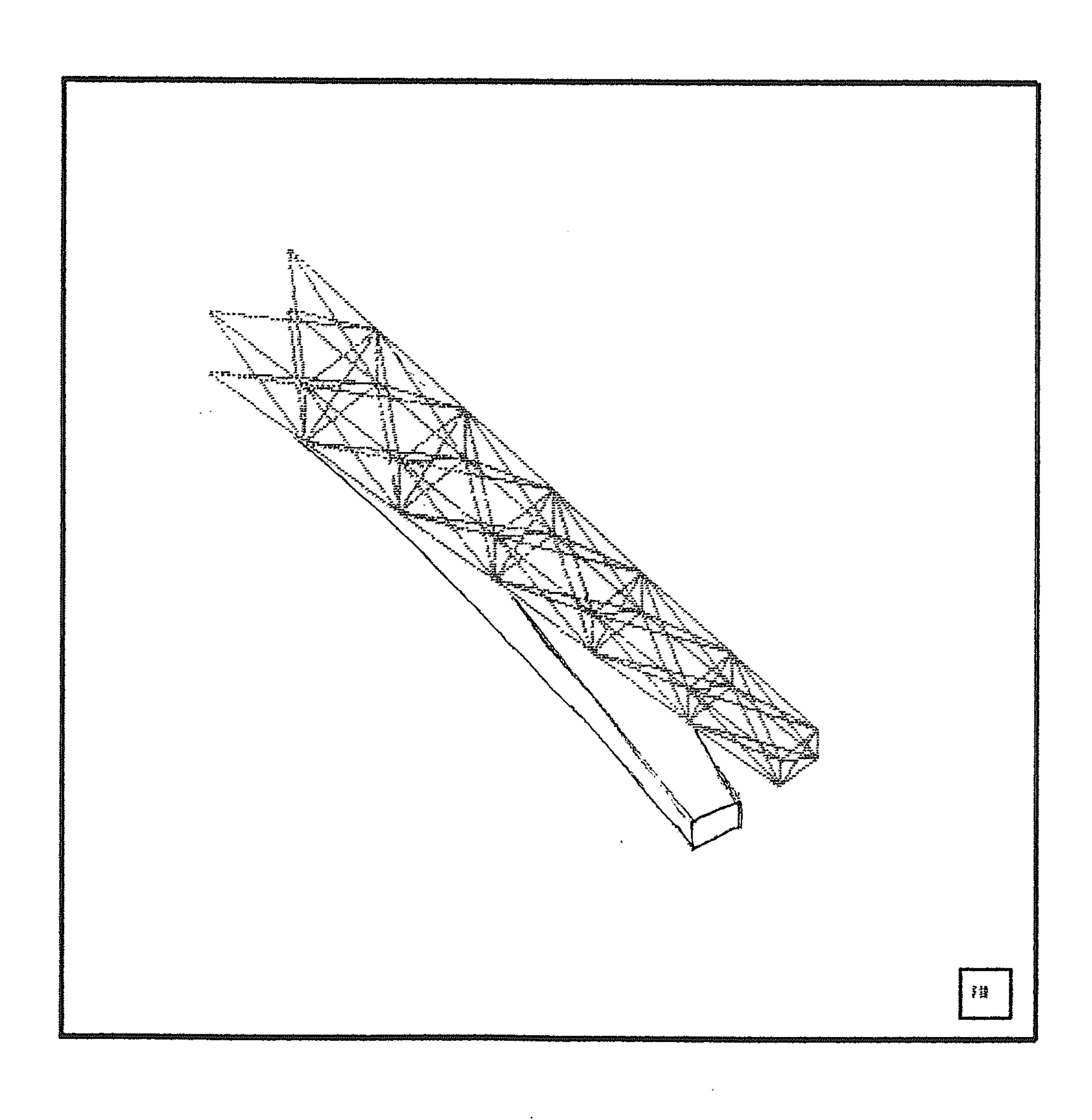
```
EXEC
     MEF     EXEC
     MEFAIDE EXEC
```

ANNEXE A

Quelques résultats obtenus par le post-processeur du programme MEF.







ANNEXE B

Aide en ligne du programme MEF.

NOTICE EXPLICATIVE ET MODE D'EMPLOI DU PROGRAME

31 01 89 B BONICELLI
28 03 90 A ARAUJO

DOCUMENTATION : MEF MANUEL D'UTILISATION

PRIMIERE PARTIE : Donnees. (Fichier 'MEF DONNE A')
DEUXIEME PARTIE : Caracteristiques des elements.
TOISIEME PARTIE : Pre-Processeur.
QUATRIEME PARTIE : Post-Processeur.

1) FICHIERS DE TRAVAIL (MINI DISQUE A)

NO	FN	FT	CONTENU	COMT
44	MEF	BASE	Fichier de sauvegarde sous PREMEF	
07	MEF	NOEUD	Nb noe, Ddl/Noe, Dim coefficients No noe, X, Y, Z	
08	MEF	ELEM	Nb el, Nb noe/ele, Type/Default, Ind No elem, Igen, Incr, No groupe noeuds, 0	
05	MEF	DONNE	Fichier de donnees	
06	MEF	RESUL	Fichier complet d'execution de MEF	
09	MEF	DEFO	No noe, X, Y, Z, DX, DY, DZ, ., ., .	DEFORM
12	MEF	EFFO		EFFORT
13	MEF	CNTR	No elem, FX, FY, FZ, MX, MY, MZ	CONTRA

2) DEMARRAGE SESSION

LANCER : MEF < FP 4 >

3) PRE-PROCESSEUR (3EME PARTIE DU MANUEL)

OPTION 'P'

Documentation en ligne : AIDE
Acquisition de poins : POIN PI X Y Z
Acquisition d'elements, par exemple : LIGN L1 2 PI PJ

A tout moment sauvegarde possible : SAUVE BASE 44 ('MEF BASE')

```
Maillage, par exemple               : MAIL L1
Assemblage de maillage, par exemple : COLL LIGN
Visualisation                       : TRAC TOUT

Sauvegarde de maillage              : SAUVE MAIL 7 ('MEF NOEUD' )
                                      SAUVE MAIL 8 ('MEF ELEM')

Revenir sous menu                   : STOP
```

4) EXECUTION DU PROGRAME (1ERE E 2EME PARTIE MANUEL)

OPTION 'U'

1) GENERER LE FICHIER DE DONNEES ('MEF DONNE')

Sous le editeur reprendre un fichier existant et le modifier.

2) VERIFIER LES FICHIERS SUIVANTES:

```
MEF DONNE  A
MEF NOEUD  A
MEF ELEM   A
```

OPTION 'M'

Execution du programe.

OPTION 'U'

Interpreter les resultats:

Soit sur le fichier 'MEF RESUL', s'il y a des erreurs,
soit sur les fichiers 'MEF DEFO', 'MEF EFFO', 'MEF CNTR'.

5) VISUALISATION -- POST-PROCESSEUR (4EME PARTIE MANUEL)

OPTION 'PO'

Voir le chapitre 4 du manuel d'utilisation.

```
1 ) ETAPE INDISPENSABLE:          PREP  ( Page 3 )

2 ) VISUALISATION, PAR EXEMPLE:   DEFO  ( Page 6 )
                                  CNTR  ( Page 7 )
```

6) SAUVEGARDE DES FICHIERS

OPTION 'U'

Copier sous un autre nom les fichiers suivantes:

```
MEF BASE   ........... MEF_TYn BASE
MEF NOEUD  ........... MEF_TYn NOEUD
MEF ELEM   ........... MEF_TYn ELEM
MEF DONNE  ........... MEF_TYn DATA
MEF RESUL  ........... MEF_TYn RESUL
MEF DEFO   ........... MEF_TYn DEFO
MEF EFFO   ........... MEF_TYn EFFO
MEF CNTR   ........... MEF_TYn CNTR
```

7) RE-UTILISATION DE FICHIERS

OPTION 'U'

Effectuer l'operation inverse par rapport a 6.

ANNEXE C

Listing du programme MEF EXEC.

```
/* --------------------------------------------------------------- */
/*                                                                 */
/*                    M  E  F       E X E C                        */
/*                                                                 */
/*                                                                 */
/*        ADERITO ARAUJO                          27/03/90         */
/*                                                                 */
/*                                                                 */
/*  Fichiers exterieurs necessaires:                               */
/*                                                                 */
/*          MEFAIDE   EXEC                                         */
/*          DEMO      EXEC                                         */
/*          PREMEF    EXEC                                         */
/*          MEFCAL    EXEC                                         */
/*          POST      EXEC                                         */
/*                                                                 */
/*                                                                 */
/* --------------------------------------------------------------- */

call ENTREE_SORTIE '    M    E    F    '

DEBUT:
CLRSCRN

do 7
    say ' '
end

say '                          =================================='
say '                          =                                ='
say '                          =          (A)ide                ='
say '                          =          (D)emo                ='
say '                          =          (P)re-processeur      ='
say '                          =          (M)ef                 ='
say '                          =          (PO)st-processeur     ='
say '                          =          (U)tilitaires         ='
say '                          =          (S)ortie              ='
say '                          =                                ='
say '                          =================================='

do 4
    say ' '
end
say '...?'
pull REP

CLRSCRN

/* --------------------------------------------------------------- */
/*                         OPTIONS                                 */
/* --------------------------------------------------------------- */

select
     when REP='A' then EXEC MEFAIDE
     when REP='D' then EXEC DEMO
```

```
     when REP='P' then EXEC PREMEF
     when REP='M' then EXEC MEFCAL
     when REP='PO' then EXEC POST
     when REP='U' then call MENUII
     when REP='S' then do
                         call ENTREE_SORTIE 'A U   R E V O I R'
                         exit
                       end
     otherwise nop
end

signal DEBUT

exit
/* ------------------------------------------------------------------ */
/*                       P R O C E D U R E S                          */
/* ------------------------------------------------------------------ */


/* ------------------------------------------------------------------ */
/*                      PROCEDURE MENU II                             */
/* ------------------------------------------------------------------ */

MENUII : procedure

INIT:
CLRSCRN

do 8
    say ' '
end

say '                            =================================='
say '                            =                                ='
say '                            =         (N)ouveau mef donne    ='
say '                            =         (G)arder fichiers      ='
say '                            =         (C)hercher fichiers    ='
say '                            =         (V)oir fichiers        ='
say '                            =         (S)ortie               ='
say '                            =                                ='
say '                            =================================='

do 4
    say ' '
end
say '...?'
pull REP

CLRSCRN

/* ------------------------------------------------------------------ */
/*                           OPTIONS                                  */
/* ------------------------------------------------------------------ */

select
```

```
     when REP='N' then call CREER
     when REP='V' then call MENUIII
     when REP='G' then call GARDER
     when REP='C' then call CHERCHER
     when REP='S' then return
     otherwise nop
end

signal INIT

return

/* ------------------------------------------------------------------ */
/*                       PROCEDURE CREER                              */
/* ------------------------------------------------------------------ */

CREER: procedure

/* ------------------------------------------------------------------ */
/*        TESTER SI LA ZONE DE TRAVAIL EST OCUPPEE                    */
/* ------------------------------------------------------------------ */

SET EMSG OFF
STATE MEF DONNE A

if RC=0 then do
               do 12
                  say' '
               end
               say center('Zone de travail ocupee',80)
               CP SLEEP 4 SEC
               return
             end
        else XEDIT MEF DONNE A
SET EMSG ON
return
/* ------------------------------------------------------------------ */
/*                       PROCEDURE GARDER                             */
/* ------------------------------------------------------------------ */

GARDER : procedure

SET EMSG OFF

/* ------------------------------------------------------------------ */
/*        TESTER SI LA ZONE DE TRAVAIL EST OCUPPEE                    */
/* ------------------------------------------------------------------ */

STATE MEF DONNE A

if RC^=0 then do
                do 12
                  say ' '
                end
                say center("Il n'y a pas de fichiers a garder",80)
```

```
                CP SLEEP 4 SEC
                return
              end

SET EMSG ON

/* ------------------------------------------------------------------ */
/*               CHOIX DU TYPE DE FICHIER A GARDER                    */
/* ------------------------------------------------------------------ */

do 12
   say ' '
end

say '                            Quel est le type du problem'
say '                                    (E)lasticite'
say '                                    (T)transfert de chaleur'
say '                                    (V)aleurs propres'
say '                                    (A)utre'
say ' '
say '...?'

pull RESP

select
  when RESP='A' then do until length(TYPE)<=6
                          say 'Donnez le type (max. 2 caracteres)'
                          pull TYPE
                          TYPE='MEF_' !! TYPE
                     end
  when RESP='E' then TYPE='MEF_EL'
  when RESP='T' then TYPE='MEF_TC'
  when RESP='V' then TYPE='MEF_VP'
  otherwise return
end

CLRSCRN

SET EMSG OFF

N=0
do until RC^=0
      N=N+1
      STATE TYPE !! N DATA A
end

NOM=TYPE !! N

do 12
   say ' '
end
say center('Les fichiers nouveax ont le nom' NOM,80)

CP SLEEP 4 SEC
```

```
/* ------------------------------------------------------------------ */
/*                        GARDER LER FICHIERS                         */
/* ------------------------------------------------------------------ */

REN MEF DONNE A NOM DATA A
REN MEF BASE A NOM BASE A
REN MEF RESUL A NOM RESUL A
REN MEF ELEM A NOM ELEM A
REN MEF NOEUD A NOM NOEUD A
REN MEF DEFO A NOM DEFO A
REN MEF EFFO A NOM EFFO A
REN MEF CNTR A NOM CNTR A

SET EMSG ON

return

/* ------------------------------------------------------------------ */
/*                        PROCEDURE CHERCHER                          */
/* ------------------------------------------------------------------ */

CHERCHER : procedure

do 2
   say ' '
end

/* ------------------------------------------------------------------ */
/*         TESTER SI LA ZONE DE TRAVAIL EST OCUPPEE                   */
/* ------------------------------------------------------------------ */

SET EMSG OFF
STATE MEF DONNE A

if RC=0 then do
               do 12
                  say' '
               end
               say center('Zone de travail ocupee',80)
               CP SLEEP 4 SEC
               return
             end

/* ------------------------------------------------------------------ */
/*             LISTER LES FICHIERS MEF DU TYPE DATA EXISTANTS         */
/* ------------------------------------------------------------------ */

say center('FICHIERS DE DONNEES EXISTANTS',80)
say ' '

LISTFILE MEF'*' DATA A

if RC^=0 then do
                do 3
                  say ' '
```

```
                 end
                 say center("Il n'y a pas de fichiers MEF type DATA",80)
                 CP SLEEP 4 SEC
                 return
               end

/* ---------------------------------------------------------------- */
/*                        CHERCHER LER FICHIERS                     */
/* ---------------------------------------------------------------- */

say ' '
say '  Donneez le nom du fichier qui vous voulez travailler'
say ' '

say '...?'
pull REP

STATE REP DATA A

if RC^=0 then return

CLRSCRN


REN  REP DATA A MEF DONNE A
REN  REP BASE A MEF BASE A
REN  REP RESUL A MEF RESUL A
REN  REP NOEUD A MEF NOEUD A
REN  REP ELEM A MEF ELEM A
REN  REP DEFO A MEF DEFO A
REN  REP EFFO A MEF EFFO A
REN  REP CNTR A MEF CNTR A

SET EMSG ON

return

/* ---------------------------------------------------------------- */
/*                        PROCEDURE  MENU III                       */
/* ---------------------------------------------------------------- */

MENUIII : procedure

INIT1:
CLRSCRN

do 8
    say ' '
end

say '                         ================================='
say '                         =                               ='
say '                         =           (M)ef               ='
say '                         =           (P)re-processeur    ='
```

```
say '                              =          (PO)st-processeur    ='
say '                              =          (T)out               ='
say '                              =          (S)ortie             ='
say '                              =                               ='
say '                              ================================='

do 4
    say ' '
end
say '...?'

pull REP

/* ----------------------------------------------------------------- */
/*                            OPTIONS                                 */
/* ----------------------------------------------------------------- */


select
   when REP='M' then 'FILEL MEF* * *'
   when REP='P' then 'FILEL PRE* * *'
   when REP='PO' then 'FILEL POST* * *'
   when REP='T' then 'FILEL * * A'
   when REP='S' then RETURN
   otherwise nop
end

signal INIT1

return

/* ----------------------------------------------------------------- */
/*                    PROCEDURE  ENTREE_SORTIE                        */
/* ----------------------------------------------------------------- */

ENTREE_SORTIE :procedure

arg MOT

CLRSCRN

do 12
     say ' '
end

say center('====================',80)
say center('=' MOT '=',80)
say center('====================',80)

CP SLEEP 4 SEC

CLRSCRN

return
/* ----------------------------------------------------------------- */
```

```
/*                                  F   I   N                                  */
/* ------------------------------------------------------------------------- */
```